

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO AL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.)

Cirilo Vázquez-Vázquez¹; José Luis García-Hernández^{1¶}, Enrique Salazar-Sosa¹, José Dimas López-Martínez¹, Ricardo David Valdez-Cepeda^{2,3}, Ignacio Orona-Castillo¹, Miguel Ángel Gallegos-Robles¹, Pablo Preciado-Rangel⁴

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Ej. Venecia, Gómez Palacio, Dgo., MÉXICO. División de Estudios de Posgrado-Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Correo-e: luis_garher@hotmail.com (¶Autor para correspondencia)

² Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte. Apartado Postal 196, C. P. 98001. Zacatecas, Zac., MÉXICO.

³ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Paseo Solidaridad esq. Carretera a La Bufa. Zacatecas, Zac. MÉXICO.

⁴ Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coah. MÉXICO.

RESUMEN

La presente investigación se realizó para evaluar el efecto de estiércol bovino tratado con solarización sobre la producción del chile (*Capsicum annuum* L.) jalapeño. Se evaluaron cuatro dosis de estiércol solarizado (20, 40, 60 y 80 Mg·ha⁻¹), así como una dosis de fertilización química como testigo (160 y 80 kg·ha⁻¹ de N y P, respectivamente). El rendimiento total de chile presentó diferencias significativas entre los tratamientos; el valor más alto (58.07 Mg·ha⁻¹) fue el que produjeron las plantas del tratamiento de 40 Mg·ha⁻¹ de estiércol. Respecto al rendimiento por corte, en general en la tercera cosecha (90 días después del trasplante) se encontraron los máximos valores (13.4 Mg·ha⁻¹). El tratamiento de 80 Mg·ha⁻¹ promovió frutos de primera y segunda calidad en más del 94 % del total de la producción.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: rendimiento, nutrición vegetal, materia orgánica, abono.

SOIL-APPLIED SOLARIZED MANURE IN THE PRODUCTION OF JALAPEÑO PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

ABSTRACT

The present research was conducted to evaluate the effect of bovine manure with a solarization treatment on the "jalapeño" pepper (*Capsicum annuum* L.) production. Four dosages of solarized manure (20, 40, 60 and 80 Mg·ha⁻¹), as well as one dose of chemical fertilizer as a control (160 and 80 kg·ha⁻¹ of N and P, respectively) were evaluated. Total yield was significantly different among treatments; the highest yield value (58.07 Mg·ha⁻¹) was obtained with the treatment of 40 Mg·ha⁻¹ manure. Regarding yield per picking (harvest), generally at the third picking (90 days after the transplant) the maximum values (13.4 Mg·ha⁻¹) were found. The treatment of 80 Mg·ha⁻¹ generated 1st and 2nd quality fruits with more than the 94 % of the total production.

ADDITIONAL KEY WORDS: yield, plant nutrition, organic matter, manure.

INTRODUCCIÓN

Entre las especies con mayor riqueza y biodiversidad en México se encuentra el chile (*Capsicum annuum*) (Hermosillo-Cereceres *et al.*, 2008). El género *Capsicum* de la familia Solanaceae tiene gran importancia económica nacional y mundialmente (Aktas *et al.*, 2009). El chile es una

especie de gran importancia comercial y es cultivado para su consumo en fresco, seco y en productos procesados. Según datos de FAOSTAT (2009), la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas. Después de China, México es el segundo productor a escala mundial. De acuerdo a la producción obtenida en

toneladas, les siguen Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia, representando juntos el 25 % del volumen mundial de producción (FAOSTAT, 2009; Aktas *et al.*, 2009). Los principales estados productores de México están en el norte, entre Zacatecas y Chihuahua, mientras que en menor medida están Durango y Coahuila, que incluyen la Comarca Lagunera. En esta región, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía, especialmente el chile jalapeño, ya que es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembra en la región después de la sandía, tomate y melón durante el ciclo primavera-verano. La superficie producida en los últimos años fluctúa alrededor de las 1,074 ha, con un rendimiento promedio de 15.6 Mg·ha⁻¹ (SIAP, 2010). En esta región existen productores de chile con tendencia al uso de fuentes de materia orgánica (MO) como suministro de nutrimentos vegetales, principalmente por la gran cantidad de estiércol -49 mil toneladas de estiércol seco mensuales (Salazar *et al.*, 2007)-, que en esta región se genera derivado de la producción lechera de cerca de 500 mil cabezas de bovino lechero (Salazar-Sosa *et al.*, 2007).

El estiércol bovino contiene cerca del 1.5 % de nitrógeno y ha sido utilizado desde tiempos remotos como fertilizante y su influencia sobre la fertilidad del suelo ha sido demostrada. La composición química del estiércol, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, presentan variaciones según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que además de aportar MO y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza-Sandoval y Samaniego-Gaxiola, 2003).

Desafortunadamente, aunque en casos limitados, el estiércol directo aplicado sin tratamiento desinfectante ha sido señalado como transmisor de patógenos en hortalizas frescas (Wells y Butterfield, 1997), por lo que se recomienda tratarlo antes de su utilización en los cultivos. Los dos tipos de tratamiento de estiércol más importantes son el compostaje y la solarización (Ruiz *et al.*, 2007). En ambos casos, el calor generado durante el proceso elimina una gran cantidad de microorganismos patógenos presentes en el material. Además de lo anterior, este tipo de abonos reciben cada vez mayor interés por la creciente demanda de alimentos orgánicos. La agricultura orgánica se encuentra en una fase de crecimiento desde hace un par de décadas, incrementándose con mayor intensidad en los años más recientes (Willer *et al.*, 2008). Este sistema de producción utiliza insumos naturales y abonado orgánico como base de las prácticas de manejo (Gómez, 2001), aunque requiere de otras prácticas específicas para manejo de plagas, enfermedades y otras prácticas de manejo general que están establecidas en los programas de certificación (García-Hernández *et al.*, 2009). Dada la producción de estiércol en la Comarca Lagunera, el uso de este material como fertilizante resulta una opción viable.

Por lo anterior se realizó la presente investigación con los siguientes objetivos: 1) evaluar el efecto del estiércol de bovino solarizado en algunas propiedades químicas del suelo; 2) evaluar el efecto del estiércol bovino solarizado sobre el rendimiento y calidad de chile jalapeño; y 3) determinar el mejor tratamiento para incrementar la calidad en función de la longitud del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Comarca Lagunera, la cual tiene una extensión territorial de aproximadamente 500 mil hectáreas y está situada en la parte suroeste de Coahuila y noreste de Durango. Se ubica entre los paralelos 25° 25' y 25° 30' de latitud norte, y entre los meridianos 102° 51' y 103° 40' de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2010). El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicado en el ejido de Venecia, Gómez Palacio, Durango.

El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones. El área total de la parcela experimental consistió de 288 m². Se trazaron 20 unidades experimentales. Las dimensiones de cada unidad experimental fueron de 2.4 m de ancho por 6.0 m de largo, y cada unidad contó con tres líneas regantes separadas 80 cm, con emisiones cada 0.20 m. Las plantas se colocaron a doble hilera con una separación de 40 cm entre hileras y de 35 cm entre plantas. Se utilizó semilla de chile jalapeño variedad Autlán. El trasplante (plántulas con tres pares de hojas) se realizó el 15 de marzo del 2008.

Los riegos se aplicaron de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Se aplicó una lámina de riego de 60 cm durante todo el experimento. Respecto a la fertilización, se evaluaron cuatro dosis de estiércol bovino solarizado a 20, 40, 60 y 80 Mg·ha⁻¹, así como una dosis de fertilización química como testigo: 160 y 80 kg·ha⁻¹ de nitrógeno y fósforo, respectivamente.

La solarización del estiércol se realizó en pilas de aproximadamente 1 Mg de estiércol cada una. Las pilas se solarizaron por 90 días (agosto-octubre del año anterior). El plástico utilizado fue de polietileno transparente de 30 micras de espesor. Las pilas se cubrieron de tal forma que los bordes quedaran sellados y el plástico quedara a pleno contacto con el abono. Lo anterior, para evitar pérdidas de humedad y temperatura. Se realizaron análisis químicos para determinar las características del estiércol utilizado para los tratamientos, obteniéndose los siguientes resultados (promedios): pH: 7.79, conductividad eléctrica (CE): 6.8 dS·m⁻¹, MO: 5.35 %, Nitrógeno total: 0.86 %, NH₄: 0.084 %

Variables evaluadas y análisis estadístico

Se realizaron análisis de suelos a dos profundidades

(0-15 y 15-30 cm) con la finalidad de conocer sus propiedades físicas y químicas. Se evaluaron las siguientes variables: pH, CE, MO y contenido de nitratos (NO_3).

Respecto al cultivo, se evaluaron variables de rendimiento y calidad (longitud de fruto); se realizaron ocho cortes en los días 69, 80, 90, 97, 104, 111, 118 y 125 después del trasplante (ddt). El rendimiento se determinó tomando cuatro plantas al azar de cada unidad experimental. Mientras que respecto a la calidad, se realizó una clasificación del fruto en términos de longitud que se presenta en el Cuadro 1.

Se realizaron análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS, realizando comparación de medias en caso de ser necesario mediante la diferencia mínima significativa al 0.05.

CUADRO 1. Clasificación de la calidad de frutos de chile jalapeño de acuerdo a su longitud.

CALIDAD	LONGITUD
Primera (1ª)	> 6.1
Segunda (2ª)	4.6 – 6.0
Tercera (3ª)	3.0 - 4.5
Cuarta (4ª)	< 3.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables físicas y químicas del suelo

En el Cuadro 2 se presentan las características químicas del suelo al final del experimento y su comparación por tratamientos. Los valores de pH no presentaron diferencia significativa entre tratamientos. Con respecto a la CE, se observa que existieron diferencias estadísticamente significativas. El tratamiento con mayor CE fue el de $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de estiércol con un valor de $3.94 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. De acuerdo con Salazar *et al.* (2007), este valor es menor de $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, el cual es un valor común para diferenciar suelos normales de suelos salinos. Los siguientes valores de CE fueron encontrados en los tratamientos de 60 y $40 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con valores de CE de 2.82

y $2.27 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, respectivamente, sin diferencia entre éstos, pero sí con el resto de los tratamientos. A este respecto, Walker y Bernal (2007) mencionan que la aplicación de MO puede mejorar las características minerales del suelo, además de realizar la aportación de N y P.

La comparación de medias para MO muestra que el tratamiento que indujo mayor contenido de M O es el de $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de estiércol con un valor de 2.47 %, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Esto pone en evidencia el efecto del estiércol sobre el incremento de MO en el suelo, principalmente por las altas dosis de aplicación. Los tratamientos de 60, 40 y $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de estiércol promovieron en el suelo un porcentaje de MO de 2.05, 1.93 y 1.8, respectivamente, sin diferencia estadística entre éstos, pero sí con los demás tratamientos. El nivel más bajo de MO (1.61 %) fue para el tratamiento de fertilización química.

La MO, bajo cualquier punto de vista que se observe, resulta fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura (Johnston *et al.*, 2009), y su presencia adecuada en el suelo mejora la capacidad buffer, enriquece la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo evitando la erosión y permite el desarrollo de la micro y macro-fauna benéficas del suelo (Aslantas *et al.*, 2007).

En el mismo Cuadro 2 se observa la comparación de medias para nitratos, donde la concentración más alta la promovió el tratamiento de $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de estiércol con un valor de 10.82 ppm, estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, reflejando los beneficios del estiércol con una mayor mineralización, evidenciado por una mayor cantidad de nitratos en el suelo a medida que se incrementó la dosis de aplicación de estiércol. Resultados similares reportaron Murillo-Amador *et al.* (2005) en el uso de abonos orgánicos en la producción de nopal verdura. En el resto de los tratamientos el valor de nitratos en el suelo osciló entre 4.93 y 5.58 ppm, sin diferencias estadísticas entre éstos. En un experimento con el cultivo de olivo y aplicación de estiércol, Walker y Bernal (2007) encontraron que la MO elevó significativamente el contenido de nitratos, debido al contenido de N-inorgánico ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) en dicho fertilizante orgánico, el amonio es fácilmente nitrificado después de su aplicación en el suelo.

CUADRO 2. Comparación de medias para potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO) y nitratos (NO_3) en suelo en la producción de chile jalapeño con tratamientos de estiércol de bovino solarizado y de fertilización química en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	pH	CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	MO (%)	NO_3 (ppm)
T4 = $80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	7.82 a ^z	3.94 a	2.47 a	10.82 a
T3 = $60 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	7.77 a	2.82 b	2.05 b	5.12 b
T2 = $40 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	7.82 a	2.27 bc	1.93 b	4.97 b
T1 = $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	7.77 a	2.21 c	1.86 bc	4.93 b
T5 = 160-80-00	7.74 ^a	2.12 c	1.61 c	5.58 b

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba DMS ($P \leq 0.05$).

Hirzel *et al.* (2004) utilizaron cama de pollo de engorda (pollinaza + viruta) con 2 % de Nitrógeno y obtuvieron 49 mg·kg⁻¹ de nitratos en dos años de estudio. A este respecto, durante los primeros años de aplicación de estiércol la mineralización no ocurre con tanta eficiencia, ya que la relación C/N del estiércol fluctúa alrededor de 30 a 38 y su impacto en disponibilidad de N depende, además de esta relación, del tipo de suelo y manejo del mismo, lo que propicia una inmovilización del nitrógeno (Urtoni *et al.*, 2004). La mineralización total sólo se da con más eficiencia en abonos con relación C/N no mayor a 20 (Hernández-Mendoza *et al.*, 2007). El nitrato es un aceptor de electrones en la desnitrificación, según lo reportan Saleh-Lakha *et al.* (2009), y aun así los abonos de origen animal sólo se mineralizan en menos del 70 % el primer año (Probert *et al.*, 2005).

Al realizar la comparación de medias para estas mismas variables con respecto a la profundidad de muestreo (Cuadro 3), se observa que la CE fue diferente estadísticamente entre las profundidades del suelo, con los siguientes valores: de 0-15 cm = 3.96 dS·m⁻¹ y de 15-30 cm = 1.28 dS·m⁻¹. Esto puede deberse a la poca lixiviación de sales a la primera profundidad por el tipo de riego por goteo con cintilla. Valores altos de CE sugieren que el uso y manejo del estiércol utilizado debe hacerse atendiendo un seguimiento de salinidad mediante el análisis de suelo, ya que las aplicaciones de estiércol en forma indiscriminada pueden incrementar problemas de salinidad, llevando el suelo a pérdidas estructurales y/o a la inhibición del crecimiento vegetal (Smith *et al.*, 2001).

El valor de MO de 0-15 cm fue 2.19 %, con diferencia significativa con respecto a la profundidad de muestreo de 15-30 cm con 1.79 %. Esta diferencia se debe a una mayor concentración y biodegradación del estiércol en el primer estrato, el cual presenta las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para que los microorganismos del suelo degradaran el estiércol incorporado (Murillo-Amador *et al.*, 2005). La MO cumple un rol protagónico en la mineralización y otros procesos biológicos (García-Hernández *et al.*, 2010). Por su parte, Ortega y Mardonez (2005) mencionan que la mineralización es llevada a cabo mejor bajo condiciones de conductividad eléctrica (CE) no mayores a 4 dS·m⁻¹.

El mejorar y conservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de un suelo constituye la base de su productividad agrícola, la cual depende en gran parte de la presencia o no de MO. La incorporación de MO al suelo se puede dar a través de aplicaciones de abonos orgánicos,

los cuales se utilizan como fuente de nutrientes para las plantas (Gélinas *et al.*, 2009). La descomposición de la MO del suelo consiste en un proceso de digestión enzimática por parte de los microorganismos, y del cual se desprende la liberación de nutrimentos fácilmente asimilables por los cultivos. En este sentido, García-Gómez y Bernal (2005) señalan que una humificación y mineralización adecuada de la MO favorece los beneficios físicos, químicos y biológicos de dichos fertilizantes, y con ello mejora la estructura, evita la compactación y la erosión y aumenta la retención de humedad (Castellanos *et al.*, 1996).

El contenido de nitratos (Cuadro 2) también presentó diferencia estadística con respecto a la profundidad; los valores fueron: 10.60 ppm para la profundidad de 0-15 cm y de 1.97 ppm 15-30 cm. Esta diferencia es debida principalmente a la alta actividad enzimática por parte de los microorganismos, ya que las condiciones de aireación, humedad y temperatura son más favorables en el primer estrato para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante la mineralización, aunado a una mayor cantidad de estiércol.

Rendimiento y calidad

Respecto al rendimiento total, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los más altos rendimientos se presentaron en las plantas tratadas con 40 y 60 Mg·ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado, con una producción de 58.07 y 54.66 Mg·ha⁻¹, respectivamente. Las plantas al tratamiento de fertilización química tuvieron con 54.60 Mg·ha⁻¹. Los tratamientos que presentaron la menor producción fueron los de 20 y 80 t·ha⁻¹ de estiércol (Cuadro 4). En este sentido se ha demostrado que el rendimiento del chile depende del balance nutricional, principalmente N y P (García-Hernández *et al.*, 2004). El resultado obtenido indica que el tratamiento de 40 Mg·ha⁻¹ de estiércol propició un mejor balance nutricional.

Respecto a los valores de rendimiento entre las fechas de cosecha (cortes) realizados, los mejores resultados se obtuvieron en la tercera fecha de corte (13 de junio) con una media de todos los tratamientos de 13.42 Mg·ha⁻¹, siendo el sexto corte (4 de julio) la fecha con el siguiente valor más alto (10.69 Mg·ha⁻¹) (Figura 1).

En lo que se refiere a la calidad del fruto, el comportamiento se presenta en la Figura 2, con respecto a la longitud del fruto del chile. Se aprecia que en todos los tratamientos el comportamiento de calidad fue muy semejante, con pequeñas variaciones. El porcentaje de

CUADRO 3. Comparación de medias para potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO) y nitratos (NO₃) a dos profundidades de 0-15 y de 15-30 cm, en el cultivo orgánico de chile jalapeño en la Comarca Lagunera.

Profundidad	pH	CE (dS·m ⁻¹)	MO (%)	NO ₃ (ppm)
0-15 cm	7.79 a ²	3.96 a	2.19 a	10.60a
15-30 cm	7.77 a	1.58 b	1.79 b	1.97 b

²Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba DMS ($P \leq 0.05$).

CUADRO 4. Comparación de medias para cultivo orgánico de chile jalapeño en la Comarca Lagunera, para ocho fechas de corte.

Número de corte	Rendimiento acumulado Mg·ha ⁻¹
20 Mg·ha ⁻¹	53.49 b ^z
40 Mg·ha ⁻¹	58.07 a
60 Mg·ha ⁻¹	54.66 b
80 Mg·ha ⁻¹	52.89 b
Fert. Quím.	54.60 b

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba DMS ($P \leq 0.05$).

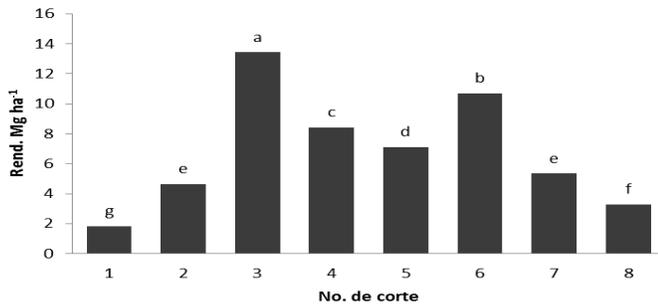


FIGURA 1. Comparación de medias (Nivel de significancia $P \leq 0.05$, DMS=1.115) del rendimiento por corte para cultivo de chile jalapeño bajos tratamientos de abonos orgánicos y un testigo con fertilizante químico.

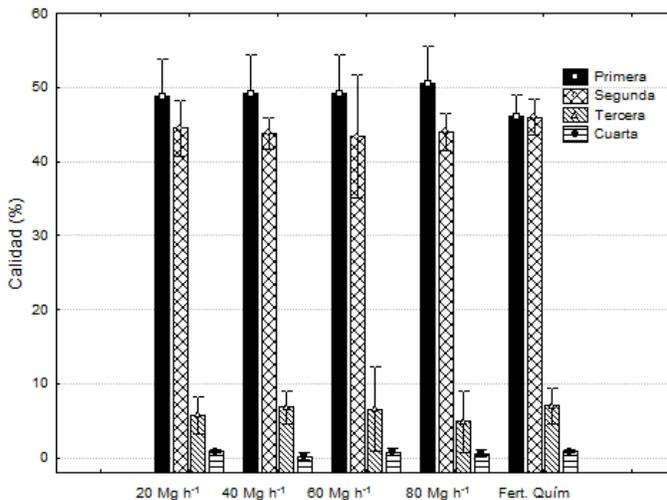


FIGURA 2. Porcentaje de calidad en el fruto respecto a los tratamientos de fertilización en el cultivo de chile jalapeño en la Comarca Lagunera.

frutos de primera calidad (> 6.1 cm) fluctuó entre 46.1 y 50.5 %. Los frutos de segunda calidad (4.6 a 6.0 cm) presentaron porcentajes de 43.4 a 46 %. Cabe señalar que la talla para esta calidad es la más aceptable por la industria alimentaria. Las plantas del tratamiento que presentaron mayor porcentaje de frutos de tercera calidad (3.0 a 4.4 cm), fueron nuevamente las de fertilización química con el 7 %, y el más bajo porcentaje fue para el tratamiento de 80 Mg·ha⁻¹ de estiércol bovino. En tanto, el porcentaje de frutos de cuarta calidad (< 3 cm) varió de 0.2 a 0.9 % entre los tratamientos evaluados.

CONCLUSIONES

El tratamiento de 40 Mg·ha⁻¹ de estiércol solarizado promovió el mayor rendimiento en chile jalapeño bajo las condiciones del presente experimento.

El tratamiento de 80 Mg·ha⁻¹ de estiércol solarizado aumentó significativamente los valores de MO y contenido de nitratos respecto a los tratamientos de menor cantidad de estiércol y de fertilizante químico (testigo). Los tratamientos de 20 y 40 Mg·ha⁻¹ de estiércol generaron valores de NO₃ menores al testigo. El tratamiento de 80 Mg·ha⁻¹ elevó en forma significativa el valor de la conductividad eléctrica del suelo. Los valores de CE, MO y nitratos fueron diferentes a las dos profundidades evaluadas, siendo los valores más altos en la profundidad de 0 a 15 cm. La calidad del fruto no mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

LITERATURA CITADA

- AKTAS H.; ABAK, K.; SENSOY, S. 2009. Genetic diversity in some Turkish pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes revealed by AFLP analyses. African Journal of Biotechnology 8(18): 4378-4386.
- ASLANTAS, R.; CAKMAK, C. R.; SAHIN, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae 111: 371-377.
- CASTELLANOS, J. Z.; MÁRQUEZ, J. J.; ETCHEVER, J. D.; AGUILAR, A.; SALINAS, J. R. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. Terra 14-2: 151-158.
- FAOSTAT ProdSTAT Crops. 2009. FAO. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. (consulta: 18 de mayo de 2010).
- GARCÍA-GOMEZ, A.; BERNAL, M. P. 2005. The feasibility of olive husk co-composting with cotton waste. pp. 277-280. In: BERNAL, M.P., MORAL, R., CLEMENTE R., PAREDES, C. (Eds.). Sustainable Organic Waste Management for Environmental Pollution and Food Safety, Vol. 2. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Murcia, España.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; VALDEZ-CEPEDA, R. D.; MURILLO-AMADOR, B.; NIETO-GARIBAY, A.; BELTRÁN, L. F.; MAGALLANES-QUINTANAR, R.; TROYO-DIÉGUEZ, E. 2004. Compositional nutrient diagnosis and main nutrient interactions in yellow pepper grown on desert calcareous soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 167: 509-515.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; ORONA-CASTILLO, I.; PRECIADO-RANGEL, P.; FLORES-HERNÁNDEZ, A.; MURILLO-AMADOR, B.; TROYO-DIÉGUEZ, E. 2010. Nutrients Use Efficiency in Legume Crops to Climatic Changes. pp. 193-206. In: SHYAM S.Y. et

- al., (Eds.). Climatic Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; VALDEZ-CEPEDA, R. D.; SERVÍN-VILLEGAS, R.; MURILLO-AMADOR, B.; RUEDA-PUENTE, E. O.; SALAZAR-SOSA, E.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C.; TROYO-DIÉGUEZ, E. 2009. Pest management in organic vegetable production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 15-29.
- GÉLINAS P.; MORIN, C.; REID, J. F.; LACHANCE, P. 2009. Wheat cultivars grown under organic agriculture and the bread making performance of stone-ground whole wheat flour. *Int. J. of Food Science and Technology* 44: 525-530.
- GÓMEZ, M. A.; SCHWENTESIUS, R.; GÓMEZ, L.; ARCE, I.; MORÁN, Y. M.; QUINTERO, M. 2001. Agricultura orgánica de México: datos básicos. Ed. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agricultura y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Segunda edición. Chapingo, México.
- HERMOSILLO-CERECERES, M. A.; GONZÁLEZ-GARCÍA, J.; ROMERO-GÓMEZ, S. J.; LUJÁN-FAVELA, M.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, A.; ARÉVALO-GALLEGOS, S. 2008. Relación genética de materiales experimentales de chile tipo chilaca con variedades comerciales. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(3): 301-307.
- HERNÁNDEZ-MENDOZA, T. M.; SALCEDO-PÉREZ, E.; ARÉVALO-GALARZA, G.; GALVIS SPINOLA, A. 2007. Evaluación de la lignina como indicador de la capacidad de aporte de nitrógeno de residuos orgánicos. *Revista Chapingo, Serie Ciencias forestales y del ambiente* 13: 5-13.
- HIRZEL, J.; RODRÍGUEZ, N.; ZAGAL, E. 2004. Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente orgánica (estiércol) sobre la producción de maíz y la fertilidad del suelo. *Agric. Téc.* 64: 365-374.
- JOHNSTON, A. E.; POULTON, P. R.; COLEMAN, K. 2009. 2009. Soil organic matter: Its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy* 101: 1-57.
- MURILLO-AMADOR, B.; FLORES-HERNÁNDEZ, A.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; VALDEZ-CEPEDA, R. D.; AVILA-SERRANO, N. Y.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; RUIZ, F. H. 2005. Soil amendment with organic products increases the production of prickly pear cactus as a green vegetable (nopalitos). *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 7: 97-109.
- ORTEGA, B.; MARDONEZ, R. 2005. Variabilidad Espacial de la Mineralización de Nitrógeno en un Suelo Volcánico de la Provincia de Ñuble, VIII Región, Chile. *Agric. Téc.* 65: 221-231.
- PEDROZA-SANDOVAL, A.; SAMANIEGO-GAXIOLA, J. A. 2003. Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 272-277.
- PROBERT M. E.; DELVER, J.; KIMANI K.; DIMES P. 2005. Modeling nitrogen mineralization from manure: representing quality aspects by varying C/N ration of sub-pools. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 279-287.
- RUIZ, C.; RUSSIAN, T.; DOMINGO, T. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Tropical*. 57: 7-14.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2010. www.siap.gob.mx. Consultada en octubre de 2010.
- SALAZAR-SOSA, E.; TREJO-ESCAÑERO, H. I.; VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicaciones de estiércol bovino. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 76: 169-185.
- SALEH-LAKHA, S.; SHANNON, K. E.; HENDERSON, S. L.; ZEBARTH, B. J.; BURTON, D. L.; GOYER, C.; TREVORS, K. T. 2009. Effect of nitrate and acetylene on nirS, cnorB, and nosZ expression and denitrification activity in *Pseudomonas mandelii*. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 5082-5087.
- SMITH, D. C.; BEHAREE, V.; HUGHES, J. C. 2001. The effects of composts produced by a simple composting procedure on the yields of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *flavescens*) and common bean (*Phaseolus vulgaris* var. *nanus*). *Sci. Hortic.* 91: 393-406.
- URATANI, A.; DAIMON, H.; OHE, M.; HARADA, J.; NAKAYAMA, Y., 2004. Ecophysiological traits of field-grown *Crotalaria incana* as green manure. *Plant Production Science* 7: 449-455.
- VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; SALAZAR-SOSA, E.; MURILLO-AMADOR, B.; ORONA-CASTILLO, I.; ZÚÑIGA-TARANGO, R.; RUEDA-PUENTE, E. O.; PRECIADO-RANGEL, P. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Rev. Méx. Cienc. Pecu.* 1(4): 363-372.
- WALKER, D. J.; BERNAL, M. P. 2007. The effect of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a high saline soil. *Bioresource Technology* 23: 120-128.
- WELLS, J. M.; BUTTERFIELD, J. E. 1997. Salmonella contamination associated with bacterial soft rot of fresh fruits and vegetables in the marketplace. *Plant Disease* 81: 867-872.
- WILLER, H.; YUSSEFI-MENZLER, M.; SORENSEN, N. (Eds.). 2008. The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends 2008. IFOAM, Bonn and FiBL, Frick. London. 276 pp.